

庄内砂丘の砂丘砂の円磨度 The Roundness of Dune Sands in the Shonai Sand Dune

伊 藤 晶 文
ITO, Akifumi

キーワード：円磨度，砂丘砂，クロスナ層，庄内砂丘

Key words：roundness, dune sand, *Kurosuna-So* (humic sand layer), Shonai sand dune

I. はじめに

粒子の形状を表す円磨度は堆積環境を示す有効な指標の一つである（たとえば，碎屑性堆積物研究会編，1983）。日本各地の砂浜海岸において，海浜および砂丘の砂の円磨度が測定され，風による跳躍運動が原因で砂丘砂（風成砂）の円磨度がより高くなることが報告されている（たとえば，成瀬，1972）。

松本（1991）は，庄内砂丘においてクロスナ層を挟んだ上下の砂丘砂層の平均粒径，4φ未満の粒子の含有量，および灼熱減量の変化から，クロスナ層は下位の砂丘砂層と連続的であり，上位の砂丘砂層とは不連続であることを明らかにした。すなわち，砂丘の固定期を示すクロスナ層の形成前後で，同一場所でも粒度組成等の異なる砂が堆積していることが明らかとなった。一般に，クロスナ層は新砂丘砂層と旧砂丘砂層を区別する鍵層とされる（たとえば，遠藤，1969）。平均粒径等と同様にクロスナ層形成前後の砂丘砂の円磨度が大きく異なるとすれば，露頭等でクロスナ層が確認できない場合において，円磨度が新砂丘砂層と旧砂丘砂層を区別する有効な指標の一つになるであろう。また，庄内砂丘で

は新砂丘層（新砂丘砂層に相当）の透水係数が下位の古砂丘層（上部は旧砂丘砂層に相当）よりも大きい（伊藤・菅井，2007）ことから，砂丘地下水の流動や砂丘間低地の湛水を検討する上でも，クロスナ層が確認できない場合に新旧の砂丘砂層を区別できる指標を確立しておくことは重要であると考ええる。

そこで，本研究では庄内砂丘の明瞭なクロスナ層が確認できる露頭で採取した試料を用いて，クロスナ層形成前後における砂丘砂の円磨度を明らかにすることを主目的とし，さらに得られた結果からクロスナ層形成前後における砂の堆積環境について若干の考察をおこなった。

II. 試料採取と分析方法

庄内砂丘は日本海に面し，東西幅約3 km，南北幅約30 kmの広がりを持つ（図1）。最上川を境に，北側は河北砂丘，南側は河南砂丘と呼ばれる（たとえば，阿子島，2006）。現世堆積物である海浜砂（前浜砂）と前砂丘砂の試料は，最上川以北の海岸で4地点，最上川以南の海岸で6地点の計10地点で採取した（図1）。砂丘砂の試料は，明瞭なクロスナ層

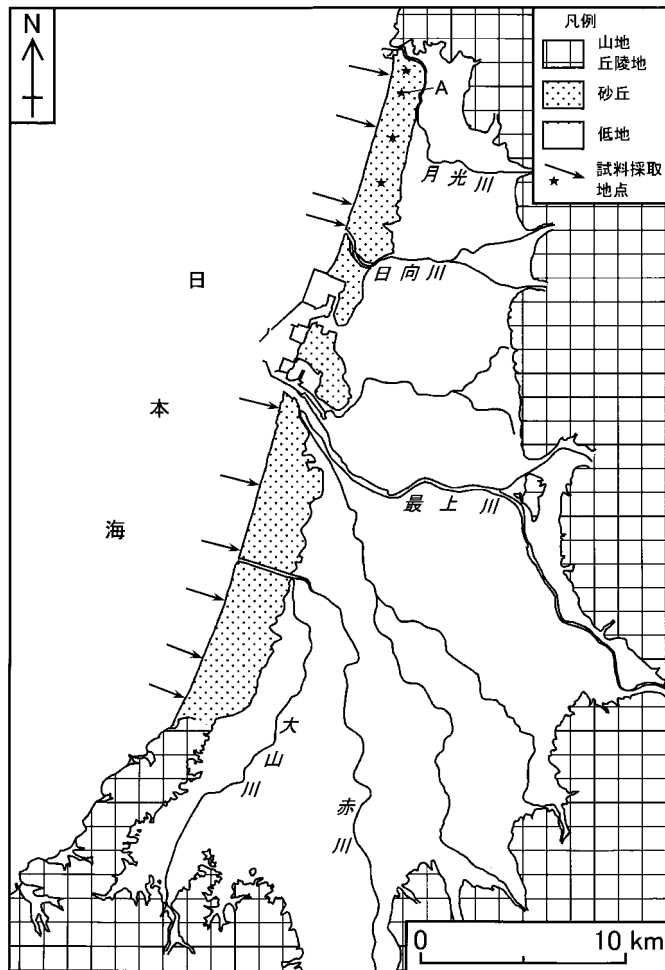


図1 調査地域の概観と試料採取地点

が確認できた河北砂丘の4つの露頭において、クロスナ層上面から上下それぞれ約1 mの層準で採取した。さらに、露頭Aでは、クロスナ層およびその上下の砂丘砂の試料について、クロスナ層上面から上方向へ5 cmごとに12試料、下方向へ5 cmごとに14試料の計26試料を採取した。なお、本研究では、便宜的にクロスナ層より上位の砂丘砂を砂丘砂層1、下位の砂丘砂を砂丘砂層2とそれぞれ呼ぶ。

採取した試料は、まず乾燥炉（約60℃）で一昼夜乾燥した。ただし、海浜砂の試料につ

いては、塩分を取り除くために乾燥前にあらかじめ水洗した。次に、各試料のふるい分けを行い、庄内砂丘の海浜砂と砂丘砂に共通して多く含まれる1.25-1.5 ϕ (0.355-0.425 mm) の粒子を抽出した。ふるい分けにより抽出した粒子の表面の汚れ（主にシルトおよび粘土分の付着）を除去するために、超音波洗浄（10分以内）をおこなった。最後に、Powers（1953）の測定方法に従い、実体顕微鏡を用いて石英粒を100個測定し、平均円磨度を算出した。

また、クロスナ層の形成時期を推定するために、山形大学高感度加速器質量分析センターにAMS法による放射性炭素年代測定を依頼した。

III. 結果および考察

各試料の円磨度の測定結果を表1に示す。各試料の円磨度の平均値をみると、前浜砂、前砂丘砂、砂丘砂層1、砂丘砂層2、クロスナ層の順に高くなる。海浜砂よりも風成砂の円磨度が高い結果が得られ、従来の研究結果と調和的である。クロスナ層より上位の砂丘砂である砂丘砂層1と、下位の砂丘砂である砂丘砂層2の円磨度は、前者の平均が0.3087、後者が0.3216で値に大きな差が認められた。また、砂丘砂層1と砂丘砂層2を境に、前浜砂、前砂丘砂および砂丘砂層1と、砂丘砂層2とクロスナ層の二つのグループに分けられる。

露頭Aにおけるクロスナ層を含む断面の観察と円磨度測定および放射性炭素年代測定の結果を図2に示す。ここでは、標高20 m付近に暗褐色を呈する厚さ約55 cmのクロスナ層が認められる。クロスナ層は、上部に向かうにつれて締まる傾向を持ち、表層3 cm程度はシルトおよび粘土を多く含む。最上部（上面から深さ3 cm

まで）の ^{14}C 年代値が $1,730 \pm 25$ yrBP (YU-1220)を示すことから、ここで認められるクロスナ層は庄内砂丘において新旧の砂丘砂層を区別するクロスナⅡ層（角田, 1975; 遠藤(1969)の旧期クロスナ層に相当）に対比される。したがって、露頭Aの砂丘砂層1は新砂丘砂層、砂丘砂層2は旧砂丘砂層にそれぞれ相当すると判断される。砂丘砂層1と砂丘砂層2の円磨度に大きな差があること（表1, 図2）と併せて考えると、庄内砂丘の砂丘砂の円磨度は、新砂丘砂層と旧砂丘砂層を区別するための指標となる可能性が高いといえる。また、クロスナ層上面を境に円磨度の値が不連続に変化しており、松本（1991）が示した平均粒径等の値の変化傾向と調和的である。すなわち、砂丘砂層1はクロスナ層および砂丘砂層2と比べて円磨度が低く、それぞれはある程度の変動幅を持つものの同じような値を示す（図2）事実上は、クロスナ層は砂丘砂層2の堆積の最終的な段階で形成され、砂丘砂層1の堆積とは不連続であるとした松本（1991）の見解を支持する。

ところで、砂丘砂の粗粒～中粒砂は、匍行（回転・表面這行）および跳躍により円磨化されると考えられている（小杉, 1965）。また、

表1 採取試料の円磨度測定結果

| 試料名 | 円磨度(平均値) |
|-------------|------------------------|
| 前浜砂(n=10) | 0.3002 [0.2895-0.3103] |
| 前砂丘砂(n=10) | 0.3044 [0.2992-0.3125] |
| 砂丘砂層1(n=16) | 0.3087 [0.2987-0.3209] |
| 砂丘砂層2(n=7) | 0.3216 [0.3072-0.3341] |
| クロスナ層(n=11) | 0.3389 [0.3293-0.3493] |

()内の数値は試料数, []内の数値は測定値の範囲を示す。

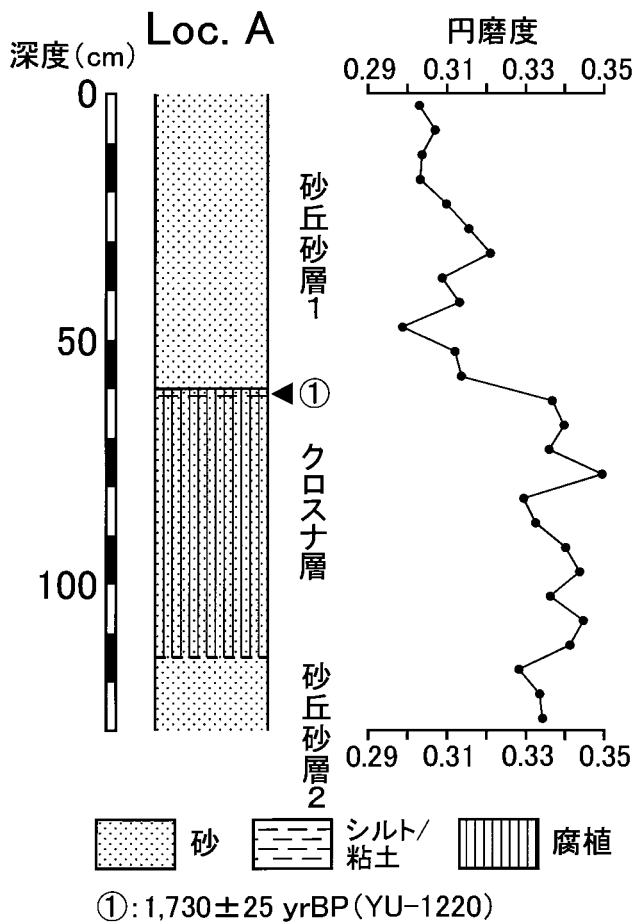


図2 露頭Aの地質柱状図と円磨度および放射性炭素年代測定結果
露頭Aの位置は図1を参照。

形成時期の古い砂丘砂の円磨度が高い値を示す主要因として、成瀬（1972）は砂丘形成後から固定化までの時間的経過が相対的に長いことを挙げている。したがって、仮に海浜から供給される砂の質的变化が無かったとすると、砂丘砂層1は砂丘砂層2と比べて、「次の」砂に覆われるまでの時間が短く、砂の移動量が少なかったと考えられる。つまり、砂丘砂層1の堆積当時は海浜からの砂の供給量が相対的に多く、海浜から前砂丘を経て砂丘へと、砂が次々に移動・定着したと推定される。こ

の推定は、海浜砂、前砂丘砂、砂丘砂層1の順に円磨度の値が徐々に高くなるものの、その変化は小さいこと（表1）と調和的である。しかし、砂丘地全体の幅が広い河南砂丘では、砂丘の西側斜面が侵食され、その際に移動した砂が定着し、クロスナ層を覆って堆積砂丘を形成したとされる（角田，1975）ので、ここで展開した議論は今回試料を採取できた河北砂丘だけで成立することかもしれない。また、砂丘砂層1の堆積時には、砂丘が急速に成長したとも考えられ、いわゆる新砂丘が日

本各地で大型化した事実（成瀬，1989）との対応も指摘できる。なお，今回測定した試料のうち，クロスナ層の円磨度が一番高い（表1）理由として，砂丘砂層2の堆積の最終段階においては，砂の供給量が相対的に少なかったために，「次の」砂に覆われるまでの時間が長くなり，砂の移動量が増大したからと考えられる。この考えは，クロスナ層の形成条件として従来指摘されている，砂の供給の減少または停止（たとえば，成瀬，1989）と矛盾しない。

IV. ま と め

本研究で明らかになったことを以下に示す。

- 1) 庄内砂丘地の砂の円磨度は，海浜（前浜）砂，前砂丘砂，砂丘砂層1（クロスナ層より上位の砂丘砂），砂丘砂層2（クロスナ層より下位の砂丘砂），およびクロスナ層の順に高い値を示す。
- 2) 砂丘砂層1と砂丘砂層2の円磨度は明瞭に異なることから，庄内砂丘の砂の円磨度は新砂丘砂層と旧砂丘砂層を区別するための指標となる可能性が高い。
- 3) 海浜から供給される砂の質的变化が無かったとすると，砂丘砂層1の円磨度が砂丘砂層2と比べて明瞭に低い事実は，海浜からの砂の供給量が相対的に多かったために，「次の」砂に覆われるまでの時間が短くなり，砂の移動量が少なくなったことを示唆する。
- 4) クロスナ層の円磨度が一番高い理由として，砂丘砂層2の堆積の最終段階において，砂の供給量が相対的に少なかったために，「次の」砂に覆われるまでの時間が長くなり，砂の移動量が増大したからと考えられた。

謝辞

本研究を進めるにあたって，山形大学人文学部人間文化学科地理学専修の木村瑠奈さんには円磨度測定をお手伝いしていただいた。ここに記して感謝いたします。

本研究には，平成24年度山形大学人文学部プロジェクト研究支援費（研究題目：山形県庄内砂丘における自然と人間の共生，代表者：伊藤晶文）および平成24年度山形大学教育研究活動活性化経費「科学研究費補助金に関する若手教員研究助成制度」の助成金の一部を使用した。

文献

- 阿子島 功（2006）：庄内砂丘の地形と防災．季刊地理学，**58**，60.
- 伊藤富弥・菅井さやか（2007）：庄内砂丘地帯における地下水排除対策．農業農村工学会誌，**75**，838-839.
- 遠藤邦彦（1969）：日本における沖積世の砂丘の形成について．地理学評論，**42**，159-162.
- 小杉健三（1965）：北海道斜里沿岸の風成砂の特性．東北地理，**17**，190-196.
- 碎屑性堆積物研究会編（1983）：堆積物の研究法—礫岩・砂岩・泥岩—．地学団体研究会．
- 角田清美（1975）：日本海および東シナ海沿岸の主な海岸砂丘地帯の形成期と固定期について．第四紀研究，**14**，251-276.
- 成瀬敏郎（1972）：風成砂の円磨について．地理科学の諸問題：船越謙策教授退官記念論文集，186-193.
- 成瀬敏郎（1989）：日本の海岸砂丘．地理学評論，**62A**，129-144.
- 松本秀明（1991）：庄内砂丘におけるクロスナ層形成前後の砂丘砂の粒度．東北地理，**43**，64.
- Powers, M.C. (1953) : A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, **23**, 117-119.